

WebGL 블렌딩 기법을 이용한 다중 공간영상정보 중첩 가시화

김광섭¹ · 이기원^{1*}

Overlay Rendering of Multiple Geo-Based Images Using WebGL Blending Technique

Kwang-Seob KIM¹ · Ki-Won LEE^{1*}

요 약

HTML5(Hypertext Markup Language5) 발표 이후 이를 기반으로 하는 다양한 프로그램과 서비스가 개발, 출시되고 있다. HTML5는 개인용 컴퓨터의 웹 브라우저와 모바일 단말기의 웹 브라우저의 상호 호환 구동이 가능한 기술 표준으로 학술적, 산업적 발전과 활용 가능성이 계속 증가할 것이다. 이 연구에서는 HTML5 기술 중 웹 브라우저에서 3차원 그래픽 렌더링을 지원하는 WebGL을 이용하여 DEM 자료와 공간영상정보를 다중 중첩 가시화하는 모바일 응용 프로그램을 설계하고 시험 구현하고자 하였다. 특히 공간정보 중첩처리는 블렌딩 기법을 적용하고자 하였다. WebGL 구동 프레임워크 중 CubicVR.js를 사용하였으며, 일반 사용자 환경에서 다양한 블렌딩 기법을 제공할 수 있도록 하였다. 세종시 주변 지역을 대상으로 하여 시험 구현과정에서 중첩 가시화 적용을 위하여 사용된 자료는 KOMPSAT-2 영상, ALOS PALSAR SAR 영상과 해당 지역의 고정형 대기 환경 측정소에서 얻은 격자 자료 등이다. 이러한 자료의 3차원 중첩을 위한 DEM 자료는 수치지도 자료의 등고선 정보를 이용하여 직접 생성하였다. 이번 연구를 통해 모바일 환경에서도 WebGL을 이용하여 현재 제공되지 않은 새로운 방식의 공간영상정보 콘텐츠와 서비스 시스템 도출 및 활용 가능성을 제시하고자 하였다.

주요어 : 블렌딩 기법, 중첩 가시화, CubicVR.js, HTML5, Mobile, WebGL

ABSTRACT

Followed by that HTML5(Hypertext Markup Language5) was introduced, many kinds of program and services based on this have been developed and released. HTML5 is technical standard specifications for cross platform for personal computers and mobile

2012년 10월 20일 접수 Received on October 20, 2012 / 2012년 11월 20일 수정 Revised on November 20, 2012 / 2012년 11월 22일 심사완료 Accepted on November 22, 2012

¹ 한성대학교 정보시스템공학과 Dept. of Information System Engineering, Hansung University

* Corresponding Author E-mail : kilee@hansung.ac.kr

devices so that it is expected that continuing progress and wide application in the both sides of the academic and the industrial fields increase. This study is to design and implement a mobile application program for overlay rendering with DEM and other geo-based image sets using HTML5 WebGL for 3D graphic processing on web environment. Particularly, the blending technique was used for overlay processing with multiple images. Among available WebGL frameworks, CubicVR.js was adopted, and various blending techniques were provided in the user interface for general users. For the actual application in the study area around the Sejong city, several types of geo-based data sets were used and processed: KOMPSAT-2 images, ALOS PALSAR SAR images, and grid data by environment measurements. While, DEM for 3D viewing with these geo-based images was produced using contour information of the digital map sets. This work demonstrates possibilities that new types of contents and service system using geo-based images can be extracted and applied.

KEYWORDS : *Blending Technique, Overlay Rendering, CubicVR.js, HTML5, Mobile, WebGL*

서 론

최근 정보통신기술 환경이 무선 통신기술과 모바일 스마트 기기 중심으로 개편됨에 따라, 모바일 웹의 가용성이 증가하고 어플리케이션 개발 및 운영을 지원하는 다양한 플랫폼들이 경쟁적으로 공개되고 있다. 따라서 모바일 환경에서 실시간 공간정보의 획득과 처리를 위한 서비스가 가능하다. 스마트폰 사용자의 급격한 증가와 지도정보 제공, 위치기반 서비스의 보편적 활용은 공간정보의 활용 여건의 개선과 새로운 수요 창출에 기여하고 있다(한국정보화진흥원, 2010). 그러나 구글의 안드로이드, 애플의 iOS, 마이크로소프트의 윈도우 모바일 등과 같이 스마트폰 운영체제가 다양하기 때문에 어떤 수요에 따른 서비스를 구현하거나 새로 개발하고자 할 때 운영체제별 별도의 작업을 해야 한다. 이러한 현실적인 문제의 해결 방안으로 HTML5이 개발되었다.

HTML5는 초기에 웹 어플리케이션 기술 워킹 그룹(Web Hypertext Application Technology Working Group)에서 "Web Applications 1.0"이라고 불리는 표준으로 진행되었으며, W3C(World Wide Web

Consortium)와 공동 작업을 시작한 2007년부터 현재까지 HTML을 계승하는 HTML5로 표준화 작업을 진행 중이다. HTML5 표준 사양은 현재까지 최종 성과물이 완료되지 않고 있는 실정이나, 정보통신기술 산업계에서는 이를 이용한 소프트웨어와 다양한 서비스들이 이미 출시하고 있다. HTML5는 HTML4와 XHTML1과 호환이 가능하지만 SGML(Standard Generalized Markup Language)과 호환되지 않고 GeoLocation, WebSocket, WebGL 등과 같은 다양한 자바스크립트 API(Application Programming Interface)가 추가되었다(W3C, 2012).

HTML5 자바스크립트 API 중 하나인 WebGL은 웹 기반 자바스크립트 그래픽 라이브러리이며 내부적으로는 기존의 OpenGL ES 2.0을 웹에서 운영할 수 있도록 한 것이다. OpenGL은 1992년 1.0 버전이 발표된 이후 현재 4.3 버전까지 발표되었는데, OpenGL은 개인용 컴퓨터, OpenGL ES(Embedded System)은 휴대용 단말기, WebGL은 웹 환경을 대상으로 하여 3D 그래픽 파이프라인을 수행할 수 있도록 한 것이다(Mo, 2012). 따라서 WebGL은 플랫폼에 상관없이 웹 브라우저가 이를 지원 한다면 웹 페이지 상에서 대

화식 사용자 인터페이스(UI: User Interface)를 지원하는 3차원 그래픽 구현이 가능하다. 현재 크로노스 그룹(Kronos Group)에서 OpenGL 개정, 보급 등을 포함한 전반적인 관리작업을 하고 있으며, 주요 브라우저 제공 회사인 애플, 구글, 모질라 및 오페라 등이 WebGL 개발 작업 구성원으로 활동하고 있다. 구글의 경우 자 회사의 웹 브라우저 3D API인 O3D 플러그인을 WebGL로 다시 구현하기도 하였다. 현재 WebGL에 대해서 개인용 컴퓨터와 스마트폰의 웹 브라우저 지원율도 계속 증가하고 있다. 이번 연구에서는 여러 가지 센서와 유형에 따른 다중 공간영상정보를 모바일 웹 상에서 중첩 가시화(Overlay Rendering)하기 위하여 HTML5의 WebGL을 사용하였다. 개인용 컴퓨터 웹 브라우저 상에서 공간영상정보를 3차원으로 다중 시각화하는 서비스는 존재하고 있지만, 이러한 서비스들은 어도비(Adobe)의 플래시(Flash) 또는 마이크로소프트(Microsoft)의 실버라이트(Silverlight) 기반으로 된 경우가 일반적이다. 하지만 플러그인 설치가 용이하지 않거나 제한된 스마트폰의 웹 브라우저에서는 이러한 서비스나 기능을 수행할 수 없다. WebGL을 기반으로 하여 공간정보를 처리하거나 가시화하는 경우에는 사용자 입장에서 번거로운 별도의 플러그인 설치가 필요 없기 때문에 개인용 컴퓨터 뿐만 아니라 모바일 장치에서도 동일한 서비스와 기능을 사용할 수 있다.

이 연구와 관련한 기존 연구로 김광섭과 이기원(2012)은 WebGL의 프레임워크 중 Three.js를 이용하여 개인용 컴퓨터와 모바일 장치에서 공간영상정보를 3차원 시각화와 메타데이터의 정보를 보여주는 웹 어플리케이션 프로토타입을 개발한 바 있다. 이번 연구에서는 Three.js 프레임워크 대신 CubicVR.js를 사용하였고, WebGL의 블렌딩 기법을 이용하여 다중 중첩 가시화를 위한 웹 어플리케이션을 데스크탑 및 스마트폰에 동시에 구동이 가능하도록 구현하였다. 또한 Kim and Lee(2012)는 모바일 단말상에서 정보 융합

기법으로 IHS 알고리즘을 적용한 바 있는데, 이 경우에는 영상정보만을 실험 대상으로 하였다. 정보융합 중에서 다중 센서 융합은 Hall and Llinas(2001)에서 그 필요성과 처리 방법론에 대하여 체계적으로 정리한 바 있는데, 이 연구에서는 공간정보의 중첩 가시화만을 주요 대상으로 하고자 한다. 최근 Kim *et al.*(2012)은 정보 융합 문제에 HTML5 기반 그래픽을 적용하는 시험 연구를 수행한 바 있으나 공간정보를 대상으로 하고 있지는 않다. 한편 HTML5 WebGL을 DEM 자료와 영상자료의 중첩에 적용한 시험 사이트가 발표된 바 있는데, 이 경우 다중 공간정보나 센서 정보를 처리하는 기능은 제공하지 않는다(Prall, 2011).

이번 연구는 세종시 인근 지역을 대상 지역으로 하고자 하였다. 해당 지역에 대한 자료로는 KOMPSAT-2, 일본 ALOS PALSAR SAR 영상 자료와 대기 환경 정보 측정을 위한 고정형 측정소에서 측정, 공개된 자료를 격자화한 공간 자료를 중첩 대상으로 하였다. 세종시 인근에 총 8개의 고정형 대기 환경 자료 측정소가 설치되어 미세먼지, 오존, 이산화질소, 아황산가스, 일산화탄소 등에 대한 자료가 지속적으로 수집, 공개되어 이 자료를 연구에 적용하였다. 또한 3차원 중첩을 위한 DEM 자료는 해당 지역의 수치지도 자료로부터 등고선 레이어를 추출하고 레이어에 포함된 고도 값을 가지고 직접 생성하였다.

WebGL 프레임워크 CubicVR.js 및 블렌딩 기법

WebGL은 모바일 그래픽 하드웨어 가속 라이브러리인 OpenGL ES 2.0 기반으로 이를 자바스크립트 언어로 바인딩(Binding)한 웹 기반 라이브러리이다. 현재 대부분의 개인용 컴퓨터 웹 브라우저와 안드로이드 4.0.4 버전 이상의 스마트폰에서는 WebGL을 지원하고 있으며, 이를 이용한 프레임워크들이 이미 많이 출시되어 있는 상황이다. 이번 연구에서는

WebGL 프레임워크 중 CubicVR.js를 사용하여 공간영상정보 3차원 중첩 가시화를 수행하였다.

CubicVR.js를 제공하고 있는 CubicVR 3D Engine은 아이폰 용 게임 앱인 PocketHoops 프로젝트 착수 이후에 CubicVR 이라는 프로젝트로 발전하여 단순 게임 앱을 제공하는 것이 아니라 API를 제공하여 아이폰 뿐 아니라 PSP(Play Station Portable) 에서도 3D 그래픽 게임을 쉽게 제작할 수 있도록 설계된 것이다(CubicVR 3D engine, 2010). CubicVR.js는 WebGL이 발표된 이후 2010년부터 CubicVR.js API를 제공하고 있는 데, CubicVR.js는 표 1과 같이 지형을 나타내기 위한 함수들과 3차원 처리와 관련된 다양한 함수들을 제공하고 있어 관련 분야 개발자들의 관심이 증가하고, 시험 적용 사례가 계속

발표되고 있다.

이번 연구에서 다중 공간영상정보를 중첩 가시화하기 위하여 블렌딩 기법을 사용하였다. WebGL에서 제공하는 블렌딩 기법은 가산형 블렌딩(Additive Blending), 감산형 블렌딩(Subtractive Blending), 곱셈형 블렌딩(Multiply Blending), 보간형 블렌딩(Interpolative Blending)이다. 가산형, 감산형, 곱셈형 블렌딩은 알파 값을 필요로 하지 않으며, 두 가지 색을 단순 연산 처리한 결과를 나타내는 것이다. 그리고 보간형 블렌딩은 원본 알파 영상을 사용하여 원본 영상와 대상 영상의 색상 사이를 선형 보간 공식에 따라 나타내는 결과를 나타낸다(Anyuru, 2012; Cantor and Jones, 2012).

이번 연구에서 사용된 CubicVR.js에서는 기본적으로 보간형 블렌딩이 적용되어 있다.

TABLE 1. Object constructor list of CubicVR.js: landscape, material and UVMapper (CubicVR 3D engine, 2012)

API name	Object Constructor	contents
Material	diffuse	Diffuse Material color, default: [1.0,1.0,1.0]
	specular	Specular Material color, default: [0.5, 0.5, 0.5]
	color	Material color, default: [1.0,1.0,1.0]
	ambient	Ambient emission color, default: [0.0,0.0,0.0]
	opacity	Opacity, default: 1.0
	shininess	Shininess, default: 1.0
	max_smooth	Maximum smoothing angle for this material during Mesh.calculateNormals() for automatic edge splitting. default: 60.0
	name	Name of this material, used for retrieving materials by name
	textures	Texture configuration object
Landscape	size	The total length of the axis with the largest number of divisions
	divisions_x	Total divisions on the X-axis
	divisions_z	Total divisions on the Z-axis
UVMapper	Mat	Material to apply.
	rotation	U,V projection rotation
	scale	U,V projection scale
	center	U,V projection center
	wrapW	Width wrap count for wrapping projectors
	wrapH	Height wrap count for wrapping projectors
	projectionMode	U,V Projection Mode, see enums
projectionAxis	U,V Projection Axis, see enums	

이번 연구에서는 WebGL의 블렌딩 기법을 일반 사용자가 사용자 인터페이스를 통하여 선택하고 필요한 파라미터를 조정할 수 있도록 설계하였다.

다중 공간영상정보 시각화 전처리 과정

이번 연구에서 구현된 다중 공간영상정보 중첩 시각화를 위한 모바일 웹 어플리케이션은 중첩 대상이 되는 자료 유형이 서로 다르므로 각각 자료에 대한 전처리 작업을 우선 수행하였다. 또한 한 개 이상의 공간영상정보를 중첩하는 데는 공간 범위와 지상 제어점(GCP: Ground Control Point)이 일치해야 한다. 이 연구에서는 국토지리정보원의 수치지도(2012. 07)를 기준으로 KOMPSAT-2 영상과 ALOS PALSAR 영상의 지상제어점 일치 작업을 수행하였다. 또한 환경 센서 정보와의 중첩을 고려하여 실제 모바일 웹에서 제공되는 부분 지역을 설정하고 해당 지역의 부분 영상을 추출(Clipping)하였다. 그림 1은 대상 지역과 적용 자료를 제시하는 것으로 (a)는 이번 연구에 구글 지도를 사용하지 않았지만 구글 지도에 보이는 세종시 주변 지

역을 나타낸 것이고, (b)는 전체 지역 중에서 KOMPSAT-2 영상이 처리된 지역을 나타낸 것이다. 세종시는 이 영상의 중앙 부분에 포함된다. 또한 (c)는 고정형 대기 환경 센서의 위치와 이 측정소에서 얻어진 측정값으로 격자화한 자료를, (d)는 SAR 영상 자료를 나타낸 것이다. 각각의 자료는 중첩 처리를 위하여 기본적인 보정 작업을 수행하였다.

공간영상정보 외에 중첩 가시화에 적용되는 자료의 다양성을 제시하기 그림 1(c)와 같이 환경 센서 측정값에 의한 격자형 자료를 융합 대상으로 한다. 고정형 대기 환경 센서 측정소 기반의 격자 자료는 에어코리아(<http://www.airkorea.or.kr>)에서 세종시 인근 센서 측정소 위치를 확인하고 8곳의 측정소에서 얻어진 대기환경 측정값인 미세먼지, 일산화탄소, 이산화질소, 오존, 아황산가스를 수집하였다. 실제 측정소의 대기 환경 센서 측정값은 거의 주의, 경고 상태가 아닌 '정상' 범위에 있으므로 IDW(Inverse Distance Weighting) 보간 기법을 적용하여 값의 변화량을 나타내는 격자화 자료 내의 색상의 차이가 큰 의미가 있는 것은 아니다. 그러나 환경 센서 격자 자료가 영상 융합 과정에서는 텍스처 영상으로 변환되어야 하기 때문에 환경 센서 자료

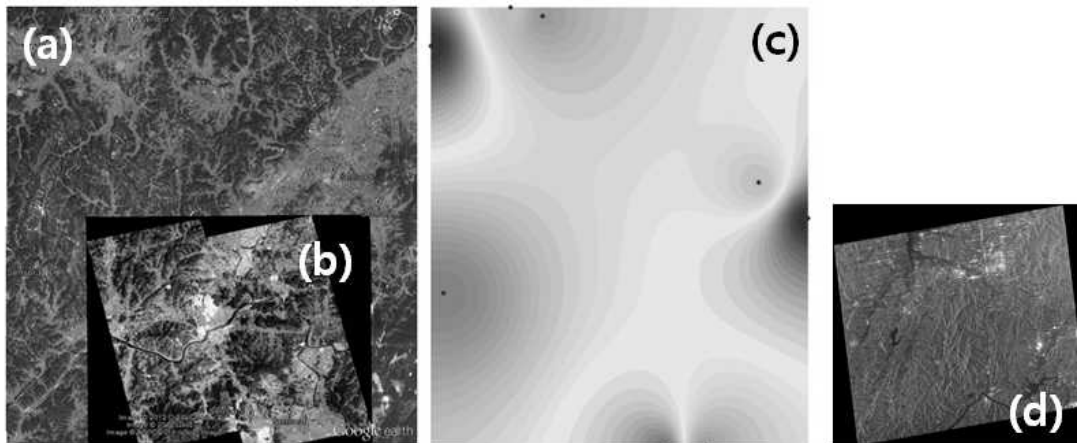


FIGURE 1. Geo-spatial image data sets in the study area: (a) Google Map, (b) KOMPSAT-2 image set, (c) Grid data set of environment sensor and (d) ALOS PALSAR image

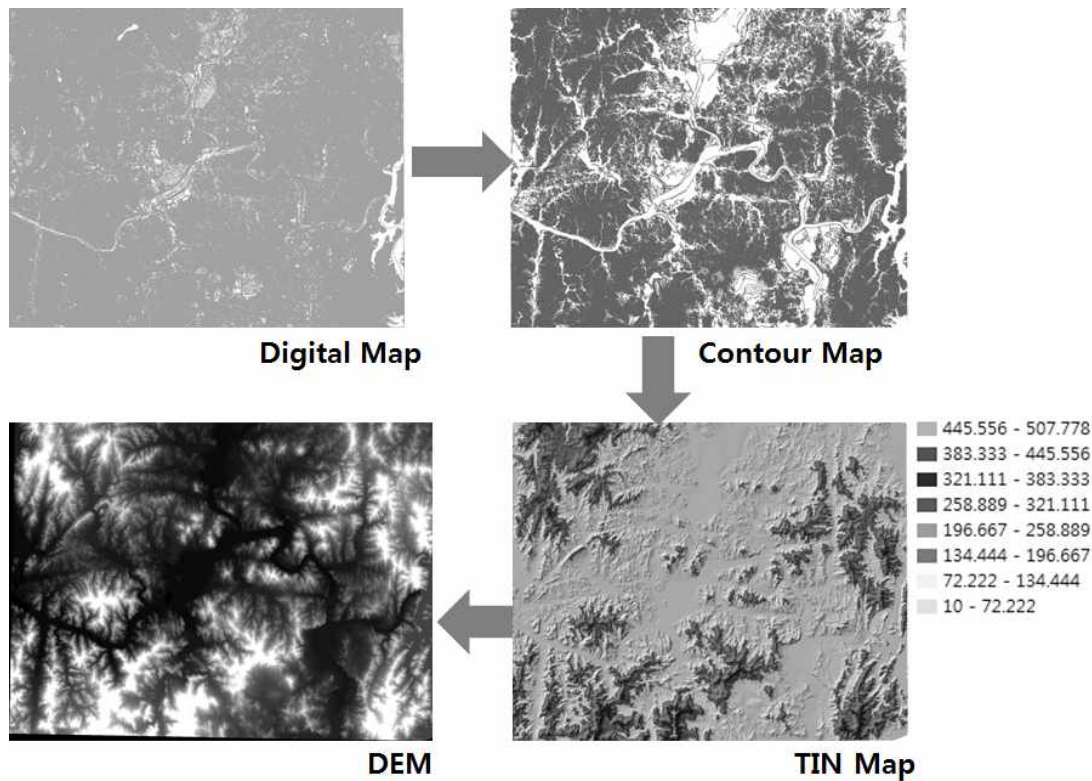


FIGURE 2. DEM generation for 3D rendering: ① extraction of contour layers from the digital map, ② TIN construction, ③ DEM conversion

외에 격자화 자료로 제작이 가능한 물성 측정 값은 중첩 가시화 에 곧바로 적용할 수 있다.

한편 모바일 웹 어플리케이션 상에서 3차원으로 공간정보를 시각화하기 위하여 해당 지역의 DEM(Digital Elevation Model) 자료를 사용하였다. DEM은 다양한 방법으로 생성할 수 있지만 이번 연구에서는 해당 지역에 대한 수치지도를 가지고 DEM을 생성하였다. 수치지도를 가지고 DEM을 생성하는 방법은 다음과 같다. 수치지도 자료에서 등고선 레이어를 가지고 고도 값 정보를 나타내는 TIN(Triangular Irregular Network) 파일을 생성한다. 생성된 TIN 파일을 격자 파일로 변환하면 해당 지역의 DEM이 생성된다. 그림 2는 세종시 주변 대상 지역에 대하여 이러한 DEM 생성 과정을 나타낸 것이다.

다중 공간영상정보 시각화 시스템 설계

이 연구에서 제안하는 공간영상정보 중첩 가시화 시스템은 웹 서버와 클라이언트 구조로 설계 되었다. 웹 서버에서는 GDAL(Geospatial Data Abstraction Library), Python, PHP(PHP: Hypertext Preprocessor)를 통해 위성 영상정보를 웹 브라우저에 시각화할 수 있는 내부 처리 작업을 수행한다. 클라이언트에 탑재하는 CubicVR.js는 시각화 과정을 처리하기 위해 사용되었고, JQuery는 서버와 AJAX(Asynchronous JavaScript and XML) 통신을 위해 사용되었다. 표 2는 이번 연구에서 구현 단계에 적용한 서버 및 클라이

TABLE 2. Server-side and client-side development or operation environments

	Name	Version
Server-side (Web Server)	Linux Fedora (OS)	16
	Apache (Web Server)	2.22.22
	GDAL	1.7.1
	PHP	5.3.15
	HTML	5
Client-side	Javascript	1.8.5
	CSS	3
	JQuery	1.8.0
	CubicVR.js	-

엔트 구성 요소와 버전을 나타낸 것이다.

그림 3은 구현 시스템 내부 처리 과정과 적용 자료를 정리한 것이다. 앞에서 언급한 것과 같이 기본적인 전처리 과정을 통하여 생성된 3차원 시각화를 위한 DEM 자료와 중첩 가시화 로 사용되는 세 개의 공간정보 영상 자료가 기본 자료이다. 생성된 자료들은 사용자 요청 사항에 따라 서버에서 내부 처리가 이루어져 웹 페이지에 보이게 된다. GeoTiff 표준 파일로 되어 있는 광학 영상 자료, SAR 영상정보, 격자 자료는 GDAL을 통해 영상 파일인 JPG 파일로 변환된다. 그리고 DEM 자료는 PHP를 통해 X, Y, Z 속성 값을 가진 XML(Extensible Markup Language) 파일로

부호화된다. 클라이언트에서는 CubicVR.js API를 통해 DEM 지형 정보를 Terrain Viewing 이라는 모듈을 통하여 가시화한다. 이 모듈에서는 2, 3차원 가시화 기능을 모두 지원하는 데 2차원 가시화의 경우 서버에서 생성된 텍스처 영상자료를 불러와 시각화에 이용하며, 3차원 가시화는 텍스처 영상과 고도 값 정보를 가진 XML 파일을 동시에 사용하게 된다. 이 때 가시화된 지형은 클라이언트 레이어에 모두 저장이 된다. 따라서 레이어를 통해 블렌딩 기법 적용 변수 설정 및 조정, 블렌딩 적용 범위, 3차원 가시화 방식을 설정 할 수 있다.

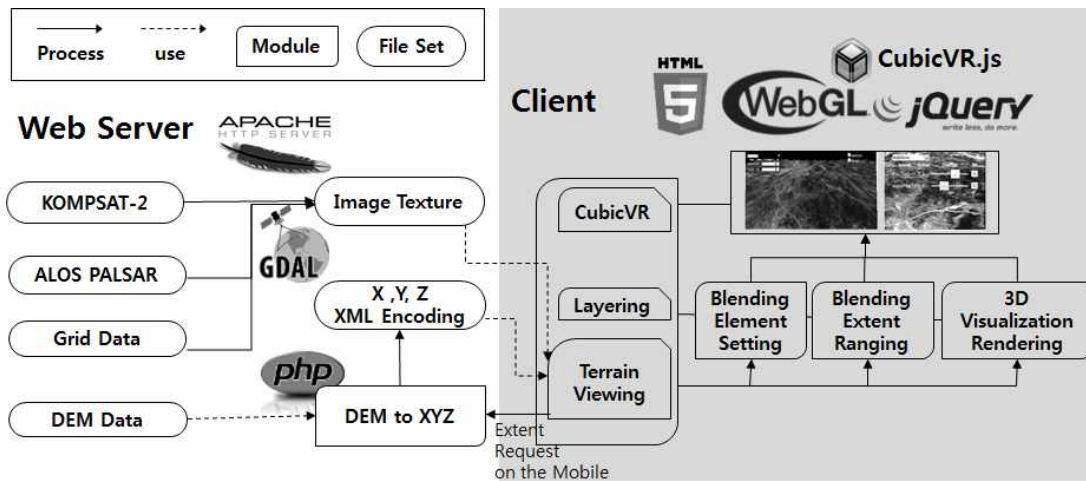


FIGURE 3. System design and data flow in the proposed system

다중 공간영상정보 시각화 시스템 구현 결과

이번 모바일 웹 어플리케이션 시스템 구현 성과의 시연 장치는 WebGL을 지원하고 있는 개인용 컴퓨터의 크롬(Chrome) 브라우저와

안드로이드의 웹킷(Webkit) 브라우저이다. 처리 결과 화면은 장치 해상도에 맞춰 사용자 인터페이스가 자동으로 작동될 수 있도록 CSS3(Cascading Style Sheet 3)를 적용하였다. 이번 연구에서 수행된 결과는 개인용 컴퓨터 브라우저와 모바일 브라우저에서 모두

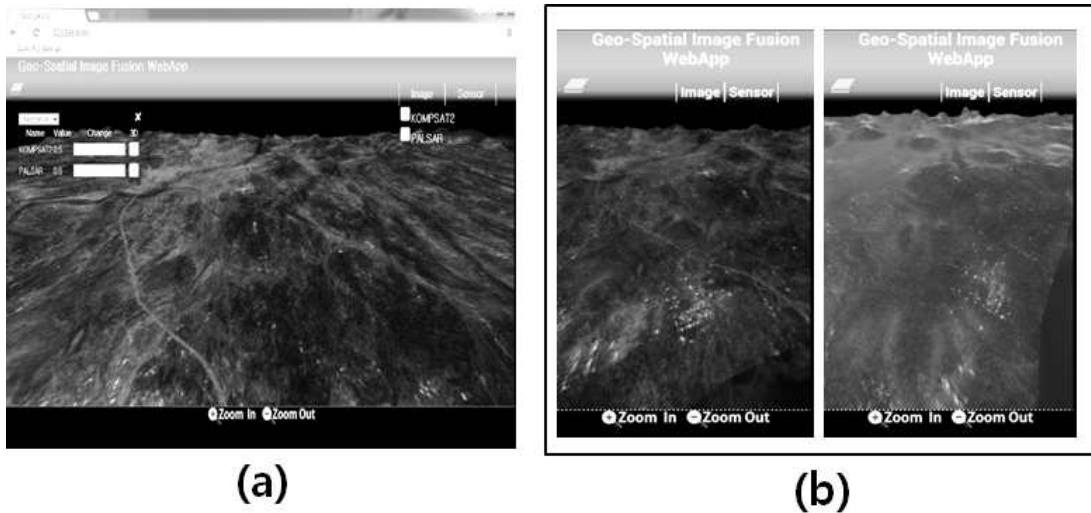


FIGURE 4. Multi geo-images overlay using 3D blending: (a) Desktop web browser and (b) Mobile web browser

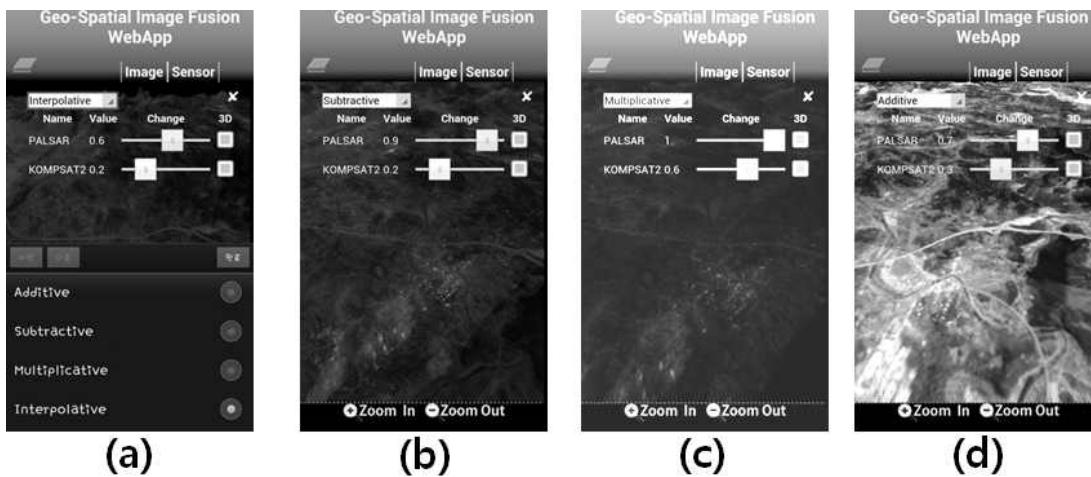


FIGURE 5. (a) Blending parameters and data layer control in the user interface and menu on mobile, and (b), (c) and (d) are results of additive, subtractive, and multiplicative blending request and processing, respectively.

실행이 되는 것을 확인할 수 있는 데 그림 4에서 이를 제시한 것이다. 그림 4(a)는 개인용 컴퓨터 크롬 브라우저에서 구동한 결과, 그림 4(b)는 KOMPSAT-2 영상과 SAR 영상에 대해 블렌딩 적용 결과와 SAR 영상과 격자 자료에 대해 블렌딩 적용 결과를 나타낸 것이다.

CubicVR.js의 블렌딩 처리는 기본적으로 보간형 블렌딩 기법만을 사용 할 수 있도록 적용되어 있다. 이번 연구에서는 기본적으로 적용되어 있는 블렌딩 외에 나머지 세 가지 방식을 지원하도록 WebGL의 블렌딩 함수를 추가하여 구현하였고 클라이언트 사용자 인터페이스를 구성하였으며 사용자 인터페이스 레이어 관리 메뉴에서 사용자가 원하는 블렌딩 기법을 선택할 수 있도록 하였다. 동일한 자료에 대하여 감산형 블렌딩, 곱셈형 블렌딩과 가산형 블렌딩을 처리 결과는 그림 5(b), (c), (d)에 제시하였다. 각 처리 결과는 사용자가 해석하고자 하는 의도에 따라 선호도와 의미가 달라질 수 있다.

결 론

이번 연구에서는 HTML5 WebGL을 이용하여 공간영상정보 중첩 가시화를 위한 모바일 어플리케이션을 설계하고 활용 가능성을 제시하고자 하였다. 중첩 가시화는 포괄적인 정보 융합 주제의 세부 분야로 가시화에 비중을 둔 내용이다. 중첩 가시화 방법론도 여러 가지 있으나 이 연구에서는 블렌딩 기법을 채택하였다. 구현 과정에서는 WebGL 프레임워크인 CubicVR.js를 사용하였다. WebGL에서는 블렌딩 효과를 생성하는 몇 가지 방식을 제공하고 있으며 이러한 기능을 구현 성과의 사용자 인터페이스에 모두 포함하여 일반인도 사용이 가능하다. 또한 이 연구에서는 블렌딩 기법의 적용 실험 결과를 제시하였으나 방식이나 기법은 적용 자료나 목적에 따라 선호도나 활용성이 다를 수 있다. 3차원 DEM 지형 정보와 연계하여 융합 처리를 하기 위한 공간

영상정보는 우선 KOMPSAT-2 영상 자료와 ALOS PALSAR 자료를 대상으로 하였고 환경 센서에 의한 측정값으로부터 생성된 격자 자료를 사용하였다. 이 시스템에서는 다른 유형의 공간영상자료와 추가적인 격자 자료를 시스템에서 지원하는 표준 포맷으로 전처리 가공하여 입력하면 즉시 융합 처리가 가능하다. 현재 공간정보 분야의 웹 서비스들은 위성영상을 배경 영상을 사용하여 서비스 하는 것이 대부분이거나 플러그인을 이용한 서비스가 대부분이다. 이 연구의 시스템은 향후 사용자가 소유하고 있는 위성 영상을 가지고 직접 블렌딩 효과를 적용하여 데스크탑 뿐만 아니라 모바일에서도 중첩 시각화가 가능하며, 별도의 플러그인이 필요없다는 장점이 있다.

또한 향후 HTML5 WebGL이 모든 스마트 기기의 웹 브라우저에서 지원이 될 것이라고 예상되며, 스마트폰 뿐 아니라 해상도가 높은 태블릿 PC 등 다양한 모바일 단말기에 기술이 모두 적용이 될 것이므로 이번 연구는 공간영상정보에 기반한 새로운 유형의 서비스와 시스템 개발을 위한 초기 시도라고 할 수 있다.

감사의 글

이 연구는 한성대학교 교내연구비 지원과제임. [KAGIS](#)

참고 문헌

- 김광섭, 이기원. 2012. HTML5 WebGL을 이용한 스마트폰 3차원 지형정보 시각화. 대학원격탐사학회지 28(2):245-254.
- 한국정보화진흥원. 2010. 스마트 사회 구현을 위한 공간정보서비스 활용 전략. 30쪽.
- Anyuru, A. 2012. Professional WebGL Programming: Developing 3D Graphics for the Web. Wrox. 361pp.

- Cantor, D. and B. Jones. 2012. WebGL Beginner's Guide, Packt Publishing. 376pp.
- Hall, D.L. and J. Llinas (ed). 2001. Handbook of Multisensor Data Fusion, CRC Press. 547pp.
- Kim, E.N., D.P. Schissel, G. Abla, S. Flanagan and X. Lee. 2012. Web-based (HTML5) interactive graphics for fusion research and collaboration. Fusion Engineering and Design. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fusengdes.2012.03.041>.
- Kim, K.S. and K. Lee. 2012. 3D Fusion of Remote Sensing Data on Smartphone. Proceedings of International Symposium on Remote Sensing pp.378-381.
- Mo, Z. 2012. WebGL, Siggraph 2012 Course Graphics Programming for the Web.
- CubicVR 3D Engine. 2010. CubicVR 3D Engine ported to WebGL. <http://www.cubicvr.org/45-news/webgl/74-webglengine1>.
- CubicVR 3D Engine. 2012. <https://github.com/cjcliffe/CubicVR.js/wiki/CubicVR.js-API-Reference>.
- Marrin, C. (ed). 2011. WebGL Specification version 1.0. <http://www.kronos.org/registry/webgl/specs/1.0/>.
- Prall, C. 2011. Blending WebGL Textures. <http://chandler.prallfamily.com/2011/06/blending-webgl-textures>.
- W3C Working Group. 2012. HTML5 differences from HTML4. <http://www.w3.org/TR/html5-diff/>. 